

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra telekomunikační techniky**

**Absolvování individuální odborné praxe**  
**Individual Professional Practice in the Company**

**2013**

**Josef Sedláček**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Josef Sedláček**

Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601R013 Telekomunikační technika

Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**  
**Individual Professional Practice in the Company**

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: BD SENSORS s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
  - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
  - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
  - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
  - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
  - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
  - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeňka Chmelíková, Ph.D.**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Antonín Menšík

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013




  
prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.  
*vedoucí katedry*

  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostrožské Lhotě dne: 6.5.2013

  
.....  
podpis studenta

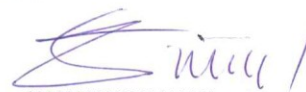
## **Poděkování**

Rád bych poděkoval majiteli firmy Ing. Karlu Marečkovi, že mi umožnil absolvovat individuální odbornou praxi ve firmě BD SENSORS s.r.o. a svému vedoucímu Ing. Antonínu Menšíkovi za odbornou pomoc a konzultaci při práci ve firmě a psaní bakalářské práce.

## Prohlášení zástupce firmy BD SENSORS s.r.o.

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Buchlovicích dne: 6.5.2013



Ing. Libor Šimoník



## **Abstrakt**

V této bakalářské práci jsem se věnoval popisu mé individuální odborné praxe, kterou jsem vykonal ve firmě BD SENSORS s.r.o. Společnost se zabývá hlavně vývojem a prodejem zařízení měřících tlak a výšku hladiny kapalin. Popisuji zde firmu a její úspěšnou činnost na mezinárodním poli, kde působí už dvacet let.

Hlavní částí je představení úkolů a jejich řešení, které jsem vykonával v této firmě. Mou hlavní činností bylo oživovat různá elektronická zařízení a jejich analýza. V dalších úlohách jsem prováděl opravu zařízení a kalibraci na přesně dané podmínky měření, testoval jsem stabilitu zařízení ve vysokých teplotách nebo elektrickou izolaci. Dále jsem také vysvětlil něco o tom, jak se tlak měří. V závěru jsem uvedl, jaké byly moje dosažené výsledky a zhodnocení mé praxe.

## **Klíčová slova**

BD SENSORS, měření tlaku, ZZ1, ZZ8

## **Abstract**

In this thesis, I dedicated to description of my individual professional experience I gained in company BD SENSORS Ltd. This company mainly develops and sell devices to measure pressure and level of liquids. I am describing the company and its successful international work during the last twenty years.

The main part will include the introduction of my tasks within this company and its solution. My main task was to put into operation several electronic devices and its analysis thereof. Further tasks included revive electronic devices and the calibration according to preset measurement parameters. Further I tested how the devices have stability against high temperatures or the electrical isolation. I described how to measure the pressure. Finally I am describing the achieved results of my work as well as an overall judgement of my practical work.

## **Key words**

BD SENSORS, pressure measurement, ZZ1, ZZ8

## Seznam použitých symbolů

| Symbol                         | Jednotky          | Význam symbolu        |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------|
| <b>U</b>                       | V                 | Elektrické napětí     |
| <b>I</b>                       | A                 | Elektrický proud      |
| <b>p</b>                       | Pa                | Tlak                  |
| <b>F</b>                       | N                 | Síla                  |
| <b>S</b>                       | m <sup>2</sup>    | Plocha                |
| <b>C</b>                       | F                 | Elektrická kapacita   |
| <b><math>\epsilon_0</math></b> | F m <sup>-1</sup> | Permitivita vakua     |
| <b><math>\epsilon_r</math></b> |                   | Relativní permitivita |
| <b>d</b>                       | m                 | Vzdálenost elektrod   |



## Seznam použitých zkratk

| Zkratka     | Anglický význam                             | Český význam                                   |
|-------------|---|--|
| <b>CAN</b>  | Controller Area Network                     | Datová sběrnice místní síť                     |
| <b>UART</b> | Universal Asynchronous Receiver/Transmitter | Univerzální asynchronní přijímač / vysílač     |
| <b>HART</b> | Highway Addressable Remote Transducer       | Dráha adresovatelná vzdáleným snímačem         |
| <b>ZZ1</b>  | Test equipment 1                            | Zkušební Zařízení číslo 1                      |
| <b>ZZ8</b>  | Test equipment 8                            | Zkušební Zařízení číslo 8                      |
| <b>DPS</b>  | Printed circuit board                       | Deska Plošných Spojů                           |
| <b>SMD</b>  | Surface Mount Device                        | Součástky pro povrchovou montáž plošných spojů |

# Obsah

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Úvod .....  | 1  |
| 2 | Představení firmy BD SENSORS .....                                    | 2  |
|   | 2.1 Historie .....  | 2  |
|   | 2.2 Současnost .....  | 2  |
| 3 | Měření tlaku .....  | 4  |
|   | 3.1 Definice tlaku .....  | 4  |
|   | 3.2 Způsoby měření tlaku .....  | 5  |
|   | 3.2.1 Odporový .....  | 5  |
|   | 3.2.2 Kapacitní .....   | 6  |
|   | 3.2.3 Optický .....   | 6  |
| 4 | Zadání a řešení jednotlivých úkolů .....                              | 7  |
|   | 4.1 Oživování a oprava zkušebního zařízení číslo 1 .....              | 7  |
|   | 4.2 Kalibrace zařízení ELI38 .....                                    | 11 |
|   | 4.3 Testování teplotní stability měřícího zařízení .....              | 12 |
|   | 4.4 Oživování zkušebního zařízení číslo 8 .....                       | 13 |
|   | 4.5 Testování elektrické izolace průchodek .....                      | 13 |
|   | 4.6 Ostatní práce .....   | 14 |
|   | 4.7 Časová náročnost jednotlivých úloh .....                          | 15 |
| 5 | Závěr .....   | 16 |
|   | 5.1 Zhodnocení .....  | 16 |
|   | 5.2 Získané teoretické a praktické znalosti a dosažené výsledky ..... | 16 |
|   | 5.3 Chybějící znalosti .....  | 16 |
|   | Použitá literatura .....  | 17 |

---

# 1 Úvod

V této práci bych chtěl shrnout svou odbornou praxi vykonávanou ve firmě BD SENSORS v Buchlovicích. Na úvod představím firmu, která vyrábí senzory tlaku a výšky hladiny kapalin pro průmyslové využití.

V další kapitole se budu zabývat definicí tlaku, způsobem jeho měření a popíši, jak jej měří tato firma. Poslední kapitolu věnuji zadání, následnému zpracování jednotlivých úkolů a jejich řešení.

Prvním mým úkolem bylo oživit a analyzovat chyby na zkušebním zařízení číslo 1. Je to zařízení, které kontroluje vyrobené senzory tlaku. Část desky se porouchala a mým úkolem bylo pokusit se jej opravit, což se nakonec podařilo.

Dalším úkolem byla má práce se zařízením ELI38, které jsem měl nakalibrovat. Testoval jsem teplotní stabilitu jednoho měřicího zařízení a posuzoval, jak zařízení může vylepšit řidší výplň v prostoru transformátoru napětí. Nakonec se ale ukázalo, že tento vliv je nepatrný.

Programoval jsem v jazyce Delphi. Byl to program, který používají dělníci pro rozhodování, jaké součástky mají pro jednotlivé senzory používat, tudíž byla velmi důležitá naprostá bezchybnost tohoto programu.

V další úloze jsem vykonával oživování zkušebního zařízení číslo 8, které je podobné zařízení číslo 1, s rozdílem kontrolování jiných typů vyrobených senzorů. Mojí poslední úlohou, o které v mé práci pojednávám, je testování elektrické izolace průchodek, při kterém bylo zjištěno, že některé kusy mají nebezpečné svody na kostru průchodek. Ke konci práce jsem shrnul jaké ještě další úkoly jsem vykonával s jejich časovou náročností.

V závěru své práce jsem zhodnotil, jak jsem spokojený s mým působením v této firmě, co jsem se naučil jaké nové poznatky a znalosti by mi pomohly v budoucnu k lepšímu vykonávání úkolů.

---

## 2 Představení firmy BD SENSORS

### 2.1 Historie

Firmu BD SENSORS s.r.o. založil roku 1993 Ing. Karel Mareček, Ing. Libor Šimoník a Elfried Denndörfer. Podnik vyrábí senzory tlaku a výšky hladiny kapalin. Díky své filozofii "ovládat jednu svoji oblast lépe než kdokoli jiný" se stal postupem času jedním z hlavních výrobců a dodavatelů elektronických přístrojů pro měření tlaku po celém světě.

Původní sídlo firmy vzniklo v prostorech VDI Obzor v Uherském Hradišti. Zde bylo vytvořeno pět pracovních míst a to pro: dva majitele, účetní, pracovníka vývoje a jednoho dělníka. Pracoviště bylo vybaveno použitým zařízením, které získalo z Německa.

V roce 1995 byla vybudována autorizovaná a akreditovaná laboratoř. Ta sloužila jako pomocník, který měl umožnit dodávat ověřené snímače a pohotově kalibrovat etalonová výrobní měřidla.

Díky rychlému rozvoji, kterému velmi pomohl export, nestačili společnosti pronajaté prostory, a tak se rozhodla zakoupit stavbu penzionu. Ta byla přestavěna na výrobní prostory. V tomto roce investovala společnost také do soustruhů CNC, které pronajímala dodavateli mechanických dílů a tím kryla rostoucí náklady.

Začátkem roku 2000 přestávaly stačit prostory v Uherském Hradišti, a tak začalo hledání po novém sídle. Po dlouhém hledání se naskytla možnost koupi pozemků v průmyslové zóně v Buchlovicích, kde sídlí firma již dodnes. Podnik se do nových prostor přestěhoval na podzim roku 2001. Pro zajímavost zde byl zřízen i vinný sklep, obohacený viny oblastních vinařů.

Letos slaví dvacáté výročí od založení a jedním z ukazatelů prosperity této firmy by mohl být i fakt, že zaměstnává více než 150 zaměstnanců ve čtyřech zemích světa. Firma se nejprve věnovala výrobě tří výrobků, snímači výšky hladiny založeném na technologii polovodičového tenzometru a dvěma snímači tlaku. Ale to je již minulostí. Dnes vyrábí přes osmdesát různých produktů.

### 2.2 Současnost

V současnosti se firma skládá ze dvou sesterských firem, v Německu a v České republice a čtyř dceřiných firem v Číně, Rusku, Ukrajině a v nejbližší době vznikne jedna v USA.

Hlavní vedení se nachází v Německu, kde se firma zaměřuje na výrobu a celosvětový prodej mimo východní Evropu. V České republice, konkrétně v Buchlovicích nedaleko Uherského Hradiště, probíhá celkový vývoj, výroba a prodej výrobků do východní Evropy. Zde jsem také absolvoval praxi. Dceřiné firmy byly založeny jako základny pro další růst a rozvoj. Jejich úkolem je především montáž, kalibrace, distribuce a současně také poskytují zákazníkům servis a technickou podporu k jednotlivým produktům.

BD SENSORS je v celosvětovém měřítku jedna z mála společností, která nabízí a zpracovává všechny čtyři typy senzorů používaných v moderní tlakoměrné technice. Křemíkové senzory jsou pak podle použití rozděleny na verze s oddělovací membránou a bez ní. Využití těchto typů senzorů můžete vidět v tabulce 2.1.

*Tabulka 2.1: Typy senzorů, které BD SENSORS vyrábí*

| Typ   | Využití  |
|---|--|
| 1. Křemíkové senzory bez oddělovací membrány          | měření tlaku v plynu, stlačený vzduch, kapaliny a neagresivní media  |
| 2. Křemíkové senzory s nerezovou oddělovací membránou | plyny a kapalná média, která jsou slučitelná s nerezovou ocelí   |
| 3. Keramické tlustovrstvé senzory                     | pro agresivní media a kyseliny   |
| 4. Nerezové tenkovrstvé senzory                       | hydraulická aplikace, vysoce dynamická tlaková zatížení  |
| 5. Kapacitní keramické senzory                        | upřednostňován pro hydraulické měření výšky hladiny a je součástí vestavných i ponorných sond, vhodný také pro agresivní media (kyseliny, louhy apod.) |

BD SENSORS se také prezentuje na různých veletrzích. Letos se například prezentovala na největším veletrhu v elektrotechnice AMPER, který se konal v Brně. [1] [2]

---

## 3 Měření tlaku

### 3.1 Definice tlaku

Tlak je určen jako podíl tlakové síly a obsahu plochy, na kterou síla působí v kolmém směru.

$$p = \frac{F}{S} \quad (3.1)$$

Značíme jej písmenem  $p$  a jeho jednotkou je pascal [Pa]. V praxi využíváme jednotku kilopascal [kPa] nebo megapascal [MPa]. Tlak o velikosti 1 Pa se rovná síle 1 N, který působí na plochu 1 m<sup>2</sup>. Mezi další jednotky patří 1 bar = 105 N.m-2.

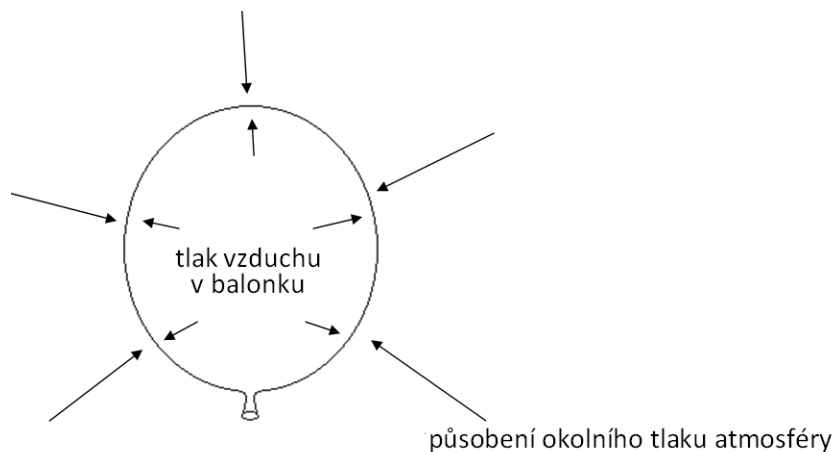
Absolutní tlak měříme od absolutní nuly, která se vyskytuje v ideálním případě vakua.

Atmosférický tlak, je tlak, jenž je vyvolaný tíhou vzduchu v atmosféře naší planety. Průměrný atmosférický tlak u hladiny moře se nazývá „normální atmosférický tlak“ a rovná se 1013,25 hPa (101 325 Pa).

Relativní tlak (přetlak nebo podtlak) je tlak, který měříme od okamžitého atmosférického tlaku.

Důležitější hodnota v praxi je většinou ta relativní, protože na většinu věcí působí atmosférický tlak, který tlačí proti síle našeho požadovaného tlaku. Firma BD Sensors vyrábí oba druhy měřících senzorů, relativní i absolutní.

Pro vysvětlení: například po napuštění nafukovacího balonku, který je napuštěn vzduchem o určitém tlaku, působí proti této síle tlak atmosférický, jež je všude rozdílný. Když jej nafoukneme na tlak relativní, bude balonek stejně velký všude na zemi oproti případu, kdybychom jej nafoukli tlakem absolutním, kdy velikost balonku by ovlivňovala síla atmosférického tlaku, viz. obrázek 3.1.



Obrázek 3.1: Příklad nafouknutí balonku

Důležitým poznatkem pro měření tlaku je Pascalův zákon. Tento zákon vyjadřuje jak velké je působení tlaku v kapalině. Formuloval jej v 17. stol. francouzský fyzik B. Pascal, podle kterého nese také název. Tlak, který působí na kapalinu v uzavřené nádobě, je ve všech místech kapaliny stejný. Závisí pouze na velikosti síly a na obsahu plochy, na kterou síla působí. Na objemu a hustotě kapaliny nezávisí. Pascalův zákon platí i pro plyny. [3]

### 3.2 Způsoby měření tlaku

Senzory tlaku jsou zařízení, která měří neelektrickou veličinu a převádějí ji na elektrický signál. Místo přímého měření tlaku měříme sílu jeho účinku (velikosti).

Firma BD Sensors využívá těchto dvou principů měření tlaku:

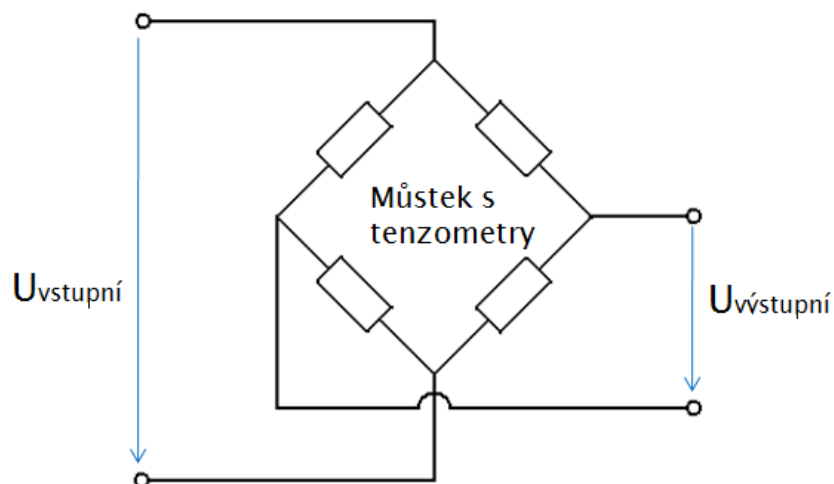
- odporový
- kapacitní

Dalším, který se mi jeví jako zajímavý vzhledem k mému studijnímu oboru, je princip:

- optický (optoelektronický)

#### 3.2.1 Odporový

Zde se nejčastěji využívá Wheatstoneův můstek, kdy místo rezistorů využíváme tenzometry.



Obrázek 3.2: Ukázka obvodu měřícího tlak

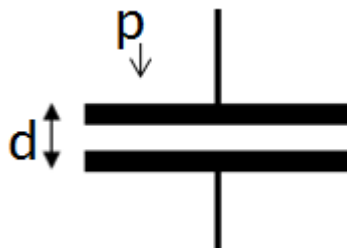
Tenzometr je pasivní elektronická součástka, která v důsledku její deformace mění vlastní elektrický odpor, čehož využíváme u měření tlaku. Tento jev je označován jako „peizorezistivní jev“.

Wheatstoneův můstek využíváme pro měření malých změn odporů (v tomto případě tenzometrů) a dostáváme tak z výstupu napětí, které odpovídá velikosti tlaku působící na tenzometry.

Obvod měřící tlak je ukázán na obrázku 3.2.

### 3.2.2 Kapacitní

Tyto snímače jsou založeny na změně kapacity kondenzátorů, která vzniká změnou vzdáleností elektrod. Jedna elektroda je pevně ukotvena a druhá je představována pružnou kovovou membránou. Pro názornou představu jsem schematicky znázornil, jak tento princip funguje (pohyblivá elektroda v tomto případě ta horní) na obrázku 3.3.



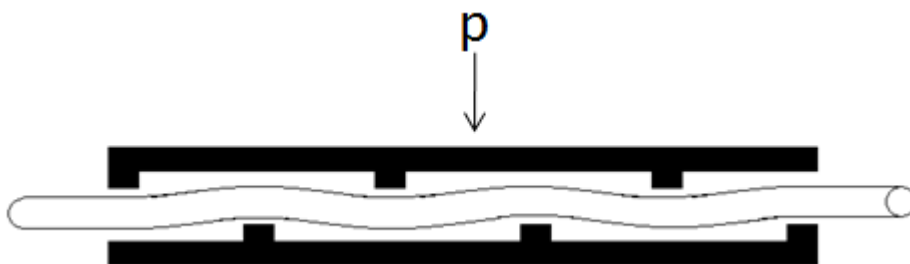
Obrázek 3.3: Princip měření tlaku kapacitním snímačem

Např. u deskových kondenzátorů kapacita závisí na ploše jeho desek(elektrod)  $S$ , jejich vzájemné vzdálenosti mezi sebou  $d$  a permitivitě dielektrika  $\epsilon$ :

$$C = \epsilon_0 * \epsilon_r \frac{S}{d} \quad (3.2)$$

### 3.2.3 Optický

Optický princip měření tlaku existuje v mnoha podobách. Níže uvedený obrázek znázorňuje senzor tlaku s optickým vláknem, kdy tlak působí na hřebínek, který vytváří ohyb optického kabelu. Využitím měření útlumu před tímto ohybem a po něm dokážeme odvodit velikost měřeného tlaku. Výhoda těchto senzorů je, že jsou vhodné pro měření až do 400 °C. Princip je vyobrazený na obrázku 3.4. [4] [5]



Obrázek 3.4: Princip měření tlaku pomocí optického kabelu



---

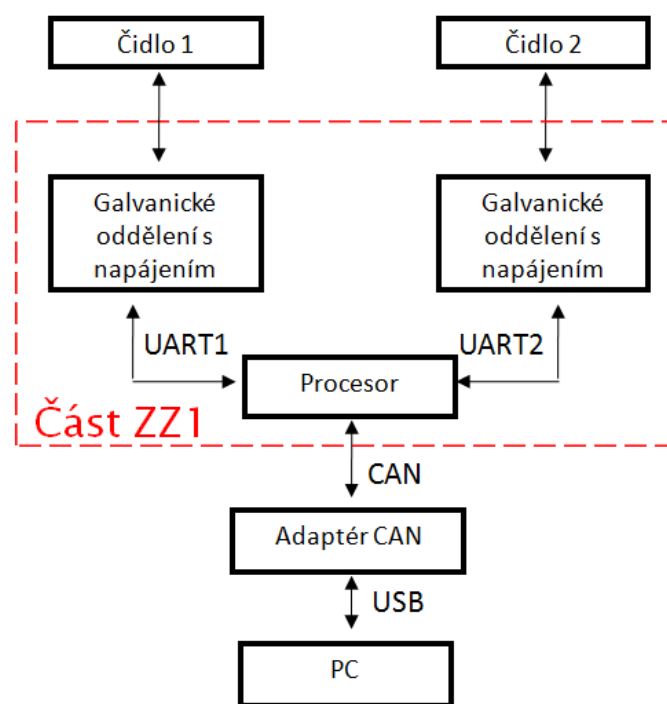
## 4 Zadání a řešení jednotlivých úkolů

Moje zařazení při praxi v této firmě bylo ve vývojovém oddělení, kde se řeší veškeré věci týkající se návrhu nových zařízení, neustálá snaha o zdokonalování firemních výrobků a častá kontrola a testování vyrobených senzorů. Mým vedoucím byl už od začátku pan Ing. Antonín Menšík, který mi zadával veškeré úlohy a současně byl také poradcem při řešení těch obtížnějších z nich.

### 4.1 Oživování a oprava zkušebního zařízení číslo 1

Mým prvním úkolem bylo oživit několik stejných desek plošných spojů tzv. ZZ1 a případně zjistit, proč nefungují tak, jak by měly.

ZZ1 je zařízení, které testuje všechny vyrobené kusy měřících senzorů, zjišťuje, zda jsou vyrobeny správně. Toto zařízení umí měřit až čtyřicet tlakových senzorů zároveň a proto je taky určeno pro testování sériové výroby. Blokové schéma je zobrazeno na obrázku 4.1.



Obrázek 4.1: Blokové schéma ZZ1

Každá deska plošných spojů je tvořena dvaceti takovými samostatnými obvody a jediné, co mají společné, je napájení. Dále mi bylo poskytnuto schéma měřeného obvodu a rozmístění součástek, podle kterých jsem zjistil alespoň základní princip činnosti obvodu.

Nejdříve jsem musel tuto DPS oživit dle dodaného katalogu a spustit si testovací program na počítači, který uměl pouze zobrazit, zda tlakové čidlo komunikuje správně. Počítač komunikoval se zařízením ZZ1 přes USB do adaptéru CAN a dále komunikace CAN, kdy procesor rozbalí tuhle informaci a pošle telegram UART (dále se budu zmiňovat o signálech Rx a Tx, které do něj patří), využívající protokol HART.

Postupně jsem testoval každý jednotlivý slot (vstup a výstup) na desce tak, že jsem vždy zapojil do jednoho slotu ověřené tlakové čidlo a na počítači otestoval, zda komunikuje správně. Kvůli zamezení vzniku náhodné chyby jsem toto měření u každého slotu opakoval vícekrát.

V okamžiku, kdy jsem zjistil, že na nějakém slotu opakovaně nedochází ke správné komunikaci, jsem si slot zapsal a po otestování všech slotů na ZZ1 jsem musel zjistit, proč některé sloty nefungují. Na jediné desce jich bylo ale hodně špatných, ale vzhledem ke skutečnosti, že při testování všech portů jsem použil pouze jeden tlakový snímač, bylo jasné, že chyba není na jeho straně. Nachystal jsem si tedy měřicí přístroje (digitální multimetr a osciloskop) a začal proměřovat napájení na všech součástkách v obvodu, které jej mají. Kontroloval jsem napájení v tomto pořadí:

- na tlakovém čidle, jelikož čidlo je napájeno z měřicího zařízení ZZ1
- na izolátoru ZZ1, a to jak na sekundární straně tak i na primární straně
- na procesoru ZZ1

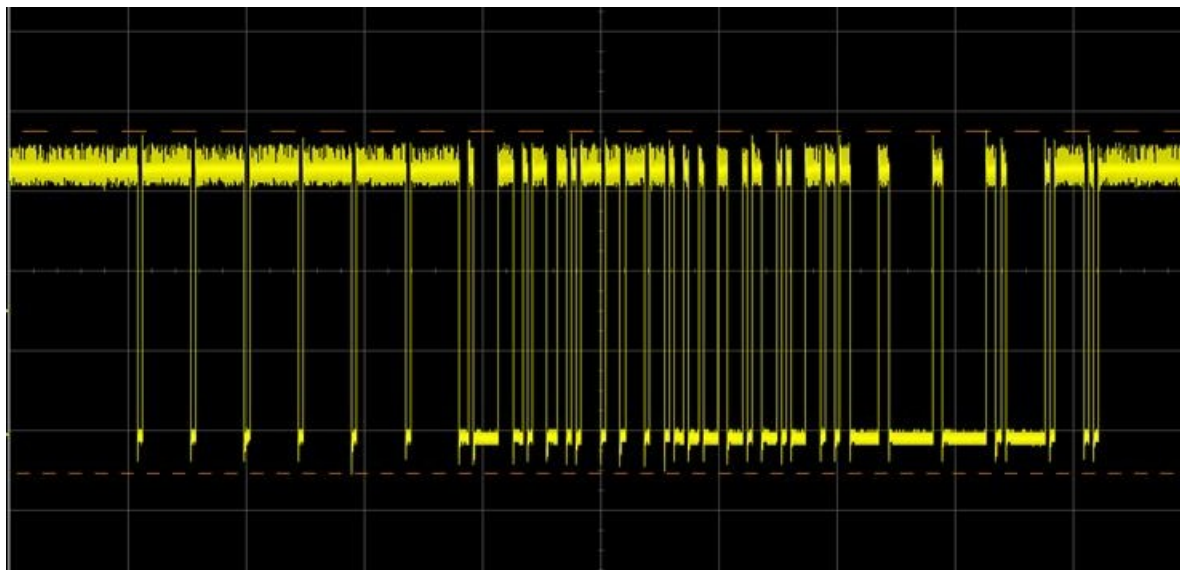
Všechna napájecí napětí, která jsem si ověřil v katalozích, jsem ale naměřil správná.

Jeden procesor umožňoval měřit dvě měřicí čidla. Zjistil jsem, že systém funguje tak, že když v počítači potvrdím příkaz testování čidla, signál do procesoru ZZ1 a ten pak pošle signál přes výstup Tx až do tlakového senzoru.

Když senzor přijme takový signál, změří hodnotu tlaku a pošle zpět informaci (mimo jiné) o jeho velikosti. Tento signál přijde až do procesoru, který odešle zpět do PC, kde mi ukáže, zda je komunikace správná. K tomuto měření už bylo třeba použít osciloskop, který jsem zapojil na výstup procesoru Tx a příslušný zemnicí vodič. Zjistil jsem tedy, že signál, kterým se dotazuje procesor na hodnotu tlaku, je pravděpodobně v pořádku. Neřešil jsem tím však přesné znění poslané informace, zjišťoval jsem pouze, jestli vysílá něco nebo vůbec nic. Zjistil jsem, že vysílá dotaz, ale odpověď na vstup Rx už nepřichází.

Dále jsem toto měření uskutečnil i na senzoru tlaku, kde jsem si ale musel dávat pozor a měřit s jiným mínusovým pólem, jelikož to bylo už za izolátorem. Proměřil jsem tedy dotazovaný signál i odpověď a zjistil, že dotaz přijde až na senzor tlaku, ale tlakové čidlo už odpověď nevyšle. Bylo to zajímavé zjištění, jelikož na jiných pozicích fungovalo zcela bez problému. Tam by chyba být neměla.

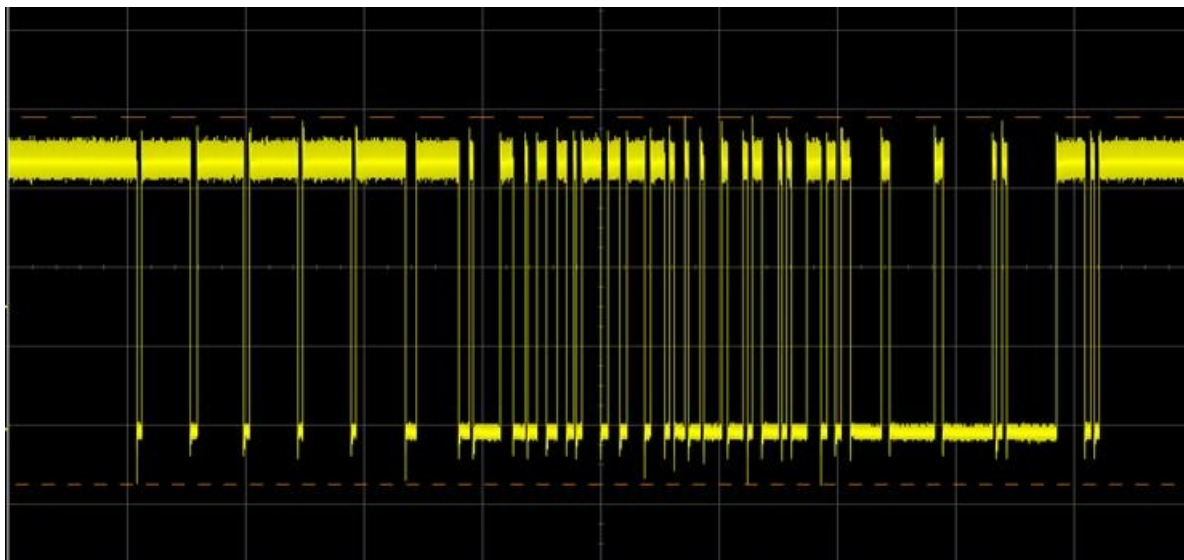
Usoudil jsem tedy, že by mohla být chyba ve složení dotazovacího signálu. Měřil jsem signál Tx na výstupu procesoru. Signál je zobrazený na obrázku 4.2.



4.2: Naměřený signál Tx na výstupu z procesoru

Na tomto průběhu si můžeme všimnout zleva šesti preambulí, které oznamují příchod zprávy. Následuje samotná několikabitová zpráva pro procesor zakončená stop bitem. Při kontrole této zprávy s hodnotami v manuálu jsem došel k závěru, že by měla být v pořádku.

Signál Tx jsem měřil dále na tlakovém snímači. Můžete jej vidět na obrázku 4.3.

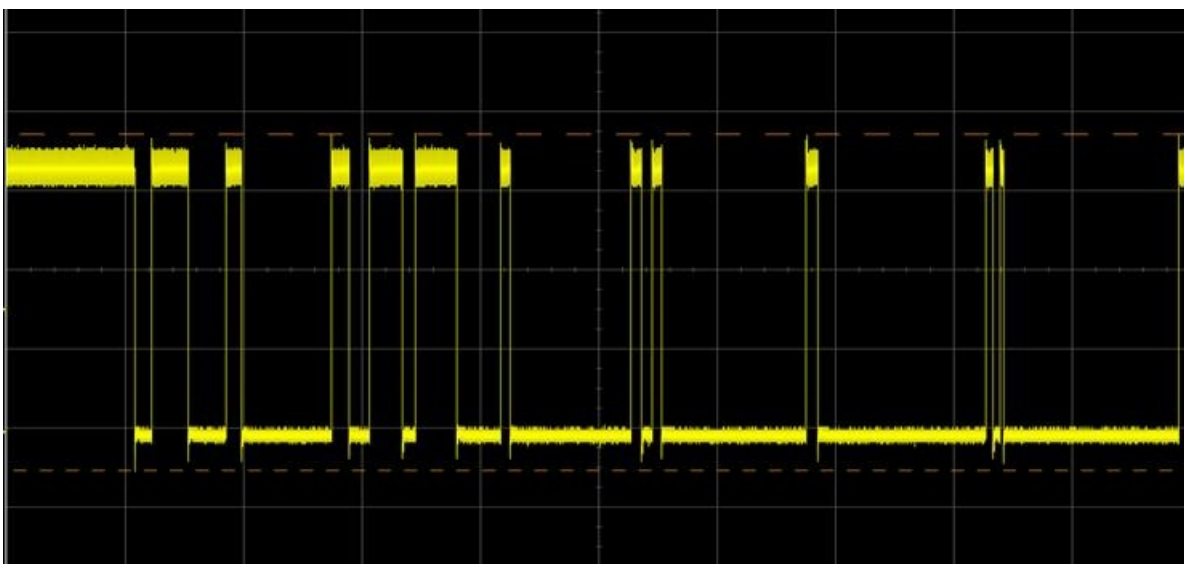


*Obrázek 4.3: Naměřený signál Tx na tlakovém snímači*

Oba signály vypadají stejně. V tomto případě může být špatný procesor. Vydal jsem se tedy měřit vedlejší podobvod, který by mi mohl něco napovědět, jelikož tento fungoval správně.

Při tomto měření jsem zjistil, že dotazovaný signál z procesoru se shoduje, ale přichází i odpověď.

Zkusil jsem si dále změřit další špatný obvod, který mi už napověděl více:



*Obrázek 4.4: Naměřený signál Tx na jiném podobvodu ZZ1 na procesoru*

Měřením jsem přišel na to, že signál který zasílá procesor jako dotaz se shoduje, ale ten samý Tx signál, který měl přijít na senzor tlaku, nebyl stejný (viz. obrázek 4.4). To znamená, že se cestou musel nějak změnit. Vůbec se totiž neshoduje s tím signálem Tx, který procesor vyslal.

Jediná součástka na této cestě, která by tohle mohla udělat, byl tedy izolátor a dle měření na osciloskopu před i za ním se mi tohle potvrdilo. Změřil jsem tedy napětí na izolátoru a naměřil 4,8 V. To znamená, že by měl fungovat správně. Vzhledem k tomu, že jsem se pořád nemohl dobrat k závadě, jsem se tedy rozhodl zkontrolovat napájecí napětí na všech prvcích obvodu, ale už podrobně a s porovnáním s hodnotami v katalogu.

Při tomto srovnání jsem se dověděl, že izolátor má napájet napětí o velikosti 4,5 V. Ve skutečnosti jsem ale naměřil 4,8 V, což se pravděpodobně počítalo s tím, že se tohle napětí sníží o něco více na cestě od napájení obvodu až po tento izolátor. Zkusil jsem tedy snížit napájecí napětí celého obvodu, jelikož všechna napájení jsou brána z jednoho shodného napájení ze zdroje kromě napájení měřeného čidla, které má napájení 12 V. Po snížení tohoto napájení jsem tedy vyzkoušel, jestli čidlo komunikuje s počítačem

a ono skutečně fungovalo. Už po snížení o 0,1 V vše fungovalo správně. Při dalším testování obvodu jsem zjistil, že obvod funguje při napájecím napětí od 3,6 V až po 4,9 V. Pod hranici 3,6 V už rozepínalo relé, které napájí celý obvod.

Výsledek z tohoto měření byl, že se tedy musí snížit napájecí napětí celého obvodu. Muselo se brát ohled na všechny součástky, kdy třeba relé pracovalo od 3,6 V (přičemž katalogová hodnota byla 5 V) a procesor pracoval s třívoltovou logikou. Jak jsem se dále dozvěděl všechno tohle bylo způsobeno, tím že původně obvod byl navržen na izolátor, který má napájení 3 V, ale zjistilo se, že má až příliš vysoký odběr a proto se muselo najít slučitelné napětí, aby nedocházelo ke zkreslení signálu a vysoké úrovni logické nuly. Napájecí napětí pro všechny takové další obvody bylo tedy sníženo na 4,8 V.

### **Další práce s tímto zařízením:**

Tímto obvodem jsem se ale zabýval mnohem déle, protože jsem zjistil, že i po snížení napájecího napětí nekomunikovaly některé kusy, a to přímo z výroby. Pokaždé jsem musel tento obvod oživit a otestovat komunikaci na počítači, abych přišel na to, které části nefungují. Podle výše uvedené zkušenosti už jsem věděl, že musím postupovat následovně: ověřit si napájecí napětí na procesoru, izolátoru, měřicího čidla a relé. Všechna napětí byla v pořádku a tak jsem musel ověřovat část se signálem. Osciloskopem jsem ověřoval na procesoru dotaz Tx a potvrdilo se, že nefunguje. Dále jsem tedy zkoumal cestu dál a zjistil jsem, že je tam pouze jedna součástka a to rezistor, na kterém byl až moc velký úbytek napětí 2,8 V. To by mohlo znamenat, že by mohla být příčina právě v něm.. Odpojl jsem tedy obvod od napájení a zkoušel jsem multimetrem v režimu akustického signálu průchodnosti obvodů, kdy jsem přiložil jeden konec na rezistor a druhý na výstup procesoru. Jakmile se ozval akustický signál, bylo jasné, že vodivá cesta je v pořádku. Tohle jsem musel provádět s hodně ostrými špičkami na konci měřících kabelů, jelikož celá deska už byla nalakovaná a bylo potřeba lak propíchnout, jinak by nedosáhl správné vodivosti a pak bych mohl vydedukovat špatné závěry. Po měření se ozvalo pípnutí, takže jsem dále měřil druhou cestu z rezistoru k izolátoru, kde také byla vodivá cesta v pořádku. Usoudil jsem tedy, že je třeba vyměnit rezistor, který jsem přepájel, (samozřejmě ten se správnou hodnotou odporu), znovu jsem obvod oživil a při komunikaci s počítačem už proběhlo vše zcela bez problému.

## 4.2 Kalibrace zařízení ELI38

V tomto úkolu jsem měl nakalibrovat zařízení ELI38, protože jej firma potřebovala použít jako referenční vzorek pro další testování a zdokonalování výroby tohoto výrobku.

Nejdříve jsem se musel seznámit s obvodem ELI38 a zjistil jsem, že budu potřebovat ještě další části. ELI38 je totiž obvod, který měří velikost tlaku na externím snímači tlaku a transformuje jej na námi požadované napětí. To znamená, že si můžeme vymyslet námi požadovaný výstupní signál a nezáleží, jaký máme měřicí senzor. V mém případě jsem musel dosáhnout výstupu 5 V při maximálním tlaku a 0 V při nezměřeném žádném tlaku.

Moje zařízení tedy obsahovalo tyto obvody:

- ELI38 – samotný obvod k nastavení výstupu měřeného signálu
- měřicí snímač
- filtr
- výstupní rozhraní

Všechno jsem musel dát dohromady dle přiložené dokumentace (schéma a rozmístění součástek všech desek) tj. spájet desky pomocí drátů k sobě a oživit obvod. Na obrázku 4.5 jej můžete vidět. Jako první indicii, že jsem všechno udělal správně, jsem dostal informaci, že při oživení desky na 19 V musí být při měření výstupu „-Sig“ proti zápornému pólu napájení 5,28 V ( $\pm 0,25$  V). Tím jsem si ověřil, že mám všechno správně a mohl jsem začít s kalibrací.



Obrázek 4.5: Ukázka složeného zařízení

Nejzásadnější věcí při této kalibraci je osazení desky ELI38 osmi rezistory. Nejdříve jsem si musel vypočítat čtyři z nich pomocí vzorců v dokumentaci a zaokrouhlení těchto hodnot do řady E24. Pak jsem tyto rezistory musel připájet na příslušná místa a znovu oživit celé zařízení. Potom jsem změřil offset operačního zesilovače, který nám ovlivňoval poslední čtyři rezistory. Po dalším napájení a oživení obvodů jsem nakonec musel měřit výstup mezi „sig +“ a „sig -“ a trimrem jsem jemně doladil hodnotu napětí  $0 \pm 0,005$  V.

Při jmenovitého tlaku jsem toto měření opakoval pro hodnotu  $5 \pm 0,005$  V. Dále tento obvod má vývody pro simulaci 80% jmenovitého tlaku, které se aktivují jejich zkratováním. Pro tento stav jsem dále doladil poslední trimr s hodnotami na výstupu  $4 \pm 0,004$  V.

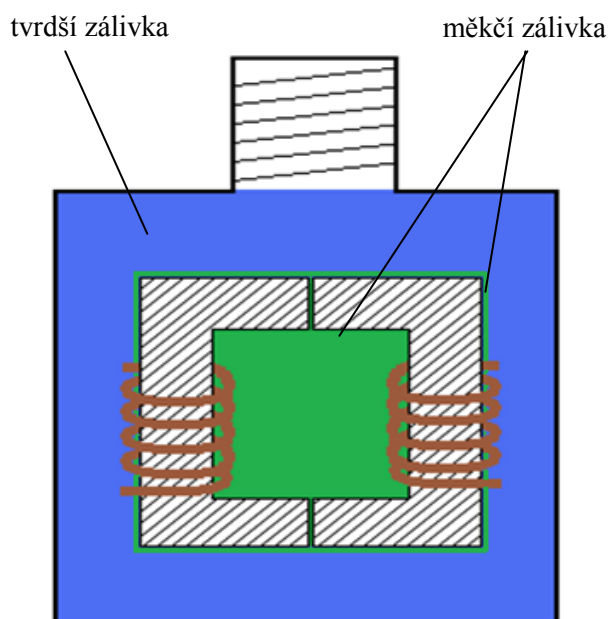
Nakonec jsem toto zařízení testoval na kalibrátoru, zjišťoval jsem, zda funguje správně, což znamená, že jsem si nastavil na kalibračním zařízení hodnoty tlaku a ty stejné jsem měl odečítat z výstupů ELI38. Musel jsem však brát v potaz rozlišovací schopnost snímače 100 mV.

### 4.3 Testování teplotní stability měřícího zařízení

Bylo zjištěno, že zařízení které můžete vidět na obrázku 4.6 přestává měřit při vysokých teplotách. Kvůli potřebě použití odděleného jádra a nutnosti upevnit jádro transformátoru ve snímači kvůli použití při otřesech byla použita výplň, která ale při vysokých teplotách odsune od sebe obě části „C jádra“, které můžete vidět na obrázku 4.7 a přeruší magnetický tok, tím pádem i přerušení činnosti měření. Bylo zkoušeno, zda-li nepomůže použití dvou různých výplní zároveň tak, že byla přidána podstatně řidší a méně pevná výplň pro místa styku obou částí „C jader“ a dosavadní vyplnila zbylou část. Tento proces byl velmi náročný na výrobu, ale i tak firma chtěla prověřit, zda se tímto pokusem nepodaří vyřešit tento problém.



Obrázek 4.6: Ukázka měřícího zařízení



Obrázek 4.7: Uložení transformátoru s uvedenými výplněmi

Mým úkolem zde bylo prověřit, zda bylo dosaženo vyšší teplotní stability. Oživil jsem tedy zařízení dle přiložených materiálů a zapojil do počítače, který měřil hodnoty tlaku a teploty uvnitř. Nastavil jsem měřící program na režim reálného měření hodnot a neustálého vypisování výsledku po jedné sekundě a zvyšoval pomocí speciálního „fěnu“ teplotu čidla. Zjistil jsem, že při dosažení 77°C čidlo nárazově přestane měřit, což znamenalo, že ani nová výplň jádra vůbec nepomůže k lepším výsledkům měření při vyšších teplotách. Tento postup jsem opakoval vícekrát, tzn. zchladil jsem snímač na pokojovou teplotu a znovu znova jej nahřál, přičemž naměřené hodnoty se pokaždé shodovaly. Dále jsem ale zjistil, že v programu, který měří výsledky z čidla, je chyba. Všiml jsem



si totiž, že při nefunkčnosti čidla při vyšší teplotě program stále vypisuje poslední naměřenou hodnotu, což není moc šťastné řešení, jelikož se dá velmi snadno přehlédnout to, že čidlo dávno neměří správně. Vycházím ze své vlastní zkušenosti, ze situace, kdy jsem na špatné výsledky přišel až po pár minutách. Dále jsem zjistil, že při zchlazení zařízení pod  $77^{\circ}\text{C}$  se opět rozeběhne měření se správnými hodnotami.

#### 4.4 Oživování zkušebního zařízení číslo 8

Jelikož firma vyrábí různé druhy měřicích senzorů, je potřeba mít i více druhů zařízení pro jejich ověření. Toto zařízení pracuje velice podobně jako zařízení, které bylo popsáno v první úloze, neměl jsem ale možnost tak rozsáhlého seznamování jako v případě ZZ1.

Mým hlavním úkolem bylo oživit toto zařízení podle dodaných materiálů. Práce spočívala v pochopení odborného popisu zařízení a napájení všech možných přívodních drátů a propojení mezi více deskami navzájem. Dále jsem oživil obvod, dle dodaných parametrů napětí a naprogramoval zařízení, aby správně fungovalo. Nakonec se muselo otestovat, zda zařízení správně vyhodnocuje referenční měřicí senzory a může jít testovat sériovou výrobu. Takových zařízení jsem skládal dohromady několik.

#### 4.5 Testování elektrické izolace průchodek

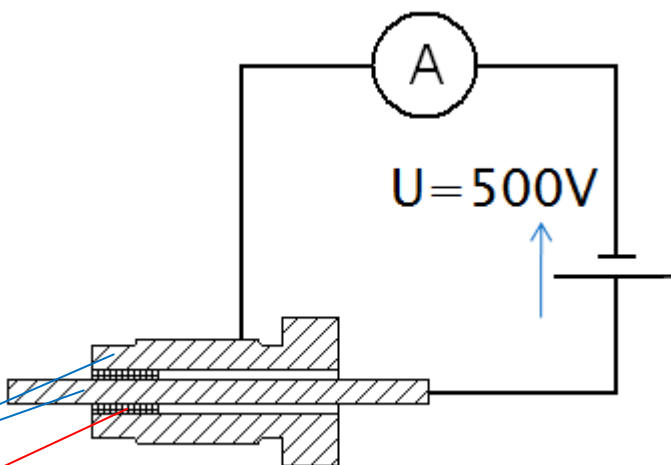
Bylo zjištěno, že některé průchodky vykazují špatnou elektrickou izolaci a já jsem měl za úkol zjistit, které průchodky to jsou, zda se jedná o opravitelnou závadu nebo se bude muset řešit změna výroby těchto průchodek. Můžete ji vidět na obrázku 4.8.

Při testování elektrické izolace, která se provádí dle normy, tak že se přivede na kostru a vodivou tyčinku (kterou bude protékat elektrický proud při použití v praxi) elektrické napětí o velikosti 500 V zdrojem o výkonu 500 W, bude tedy protékat proud až 1 A. Testovací obvod je vidět na obrázku 4.9. Tímto testováním se dokáže správná elektrická izolace tak, že neprotéká obvodem vůbec žádný proud. Bohužel ale bylo zjištěno až 10% špatných kusů, což je hodně a je proto potřeba najít důvod pro budoucí způsob výroby.



Obrázek 4.8: Ukázka průchodky

vodivý materiál  
izolační křemíkové sklo



Obrázek 4.9: Měřicí obvod

V každé průchodce jsem tedy musel změřit multimetrem její elektrický odpor, který když ukázal nekonečný odpor, bylo jasné, že průchodka není vadná. V opačném případě jsem změřil její elektrický odpor a zapsal si jej. Při mém měření jsem dosáhl pro představu těchto hodnot:

2 M $\Omega$ ; 1,3 M $\Omega$ ; 0,9 M $\Omega$ ; 0,76 M $\Omega$  a dokonce některé průchodky vykazovaly až nebezpečný elektrický odpor: 100 k $\Omega$ , 45 k $\Omega$ , 23 k $\Omega$ . Na pravém obrázku 3.14 vidíme, jak vypadá a funguje taková průchodka, kde vyšrafovaný prostor je vodivá část z nějakého kovu a mezi nimi, kromě vzduchové mezery, je pouze malá část ze skla, která nám zajišťuje onu elektrickou izolaci. Po tomto měření jsem vadné kusy dal vyčistit v speciálním přístroji, který působí na tyto součástky ultrazvukem.

### **Konečné výsledky:**

Z 200 testovaných kusů průchodek jsem objevil 33 vadných kusů a pouhé 4 kusy opravil ultrazvukem. Opravou v ultrazvuku jsme také vyloučili naprášenou vrstvu něčeho vodivého zvenčí skleněného materiálu. Je tedy pravděpodobné, že do skla se při výrobě něco muselo přimíchat, jelikož s jiným materiálem nedochází ke styku. Jeden vadný kus jsem proto poslal na rozbor pod mikroskopem a jiné pokusy na rozbor onoho skla. Na tomto rozboru se však nakonec zjistilo, že zde byla naprášená vrstva vodivého materiálu na povrchu skla, ale pouze na straně uvnitř průchodky, což ale nešlo zvenčí poznat.

## **4.6 Ostatní práce**

Dále jsem pracoval na těchto pracích:

- Testování mechanické pevnosti měřicích zařízení
- Oživování různých zařízení
- Testování teplotní stability měřicích zařízení
- Práce s grafy v MS Office Excel
- Pájení konektorů, přívodních a propojovacích kabelů na DPS
- Programování v jazyce Delphi a QBasic
- Testování reklamovaných čidel

Pájení konektorů, přívodních a propojovacích kabelů na DPS udávám protože jsem pracoval ve vývojovém oddělení, což znamená žádná připravená sériová výroba, musel jsem si často konkrétní zařízení osadit jinými součástkami nebo propojovacími kabeli, případně si udělat svůj speciální konektor pouze pro účel měření. Jednou jsem dokonce dostal prázdnou desku a musel jsem vlastně celé zařízení osadit součástkami od úplného začátku.



## 4.7 Časová náročnost jednotlivých úloh

*Tabulka 4.1: Strávený čas s jednotlivými úkoly*

| Název úlohy                                    | Počet dnů práce |
|--|-----------------|
| Oživování a oprava ZZ1                         | 15              |
| Kalibrace zařízení ELI38                       | 3               |
| Testování teplotní stability měřících zařízení | 6               |
| Oživování ZZ8                                  | 4               |
| Testování elektrické izolace průchodek         | 2               |
| Testování mechanické pevnosti zařízení         | 1               |
| Práce s grafy v MS Office Excel                | 2               |
| Programování v jazyce Delphi a QBasic          | 10              |
| Oživování a analýza dalších zařízení           | 6               |
| Testování reklamovaných čidel                  | 3               |
| Osazování součástek a vodičů na DPS            | 3               |
| Celkem   | 55              |

---

## 5 Závěr

### 5.1 Zhodnocení

Absolvováním odborné praxe ve firmě BD SENSORS, s. r. o., jsem získal mnoho cenných zkušeností, které by mi teoretická práce nemohla poskytnout. Podle mého názoru je praktická bakalářská práce mnohem přínosnější. Zkušenosti, které jsem při své praxi získal, mi už nikdo nevezme a můžu z nich čerpat celý život. Posunulo mě to o kousek dál, a myslím si, že tato zkušenost může mít vliv při hledání nového pracovního místa.

### 5.2 Získané teoretické a praktické znalosti a dosažené výsledky

Při odborné praxi jsem se mnoho naučil. Vykonával jsem odborné práce, opravy a analýzu elektronických zařízení a jejich oživení. Samozřejmě také i s tím spojené práce jako je např. pájení vadných SMD součástek na desku plošných spojů, čištění desky nebo pájení propojovacích kabelů a konektorů. Práce mě bavila a líbilo se mi, že jsem se postupně naučil nést určitou míru zodpovědnosti, přičemž většinu prací firma vyžadovala vykonat co nejrychleji a správně, jelikož některá zařízení se musela co nejdříve zapojit do sériové výroby.

Pracoval jsem na projektech hlavně jako jednotlivec, ale setkal jsem se i s prací v týmu. Naučil jsem se, jak funguje prosperující společnost.

Práce, které jsem vykonával, vyžadovaly větší či menší míru vzdělanosti, kterou mi v tomto oboru poskytlo studium na Střední škole průmyslové v Uherském Hradišti a poté práce v laboratořích na Vysoké škole báňské - Technické univerzitě v Ostravě. Postupem času jsem při práci v této firmě získával větší sebevědomí a myslím si, že jsem se postupem času výrazně zdokonaloval.

### 5.3 Chybějící znalosti

Ve firmě jsem se setkával s většinou neznámými úkoly, ale myslím si, že jsem je pomocí firemních manuálů nebo návodů na internetu zvládl docela dobře. Zde bych chtěl shrnout ty úkony, které jsem si musel nastudovat a neznal jsem jejich řešení ze školy:

- Programování v QBasic
- Programování v Delphi
- Teorie operačních zesilovačů

Musím přiznat, že mi chyběly znalosti v oblasti teorie operačních zesilovačů, které jsou základem mnoha elektronických zařízení a nebyla mi poskytnuta možnost se je dostatečně naučit při studiu na naší škole.

I když jsem se nemusel naučit tuto teorii a nenavrhoval jsem žádný takový obvod, myslím si, že by tyto teoretické znalosti nebyly na škodu a zlepšilo by to mé výkony v této firmě.

---

## Použitá literatura

- [1] BD SENSORS. *Typy senzorů* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.bdsensors.cz/technologie/typy-senzoru/>
- [2] Příběh firmy BD Sensors. Odborné časopisy: AUTOMA [online]. 2011 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=42704](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=42704)
- [3] LEPIL, Oldřich, Milan BEDNAŘÍK a Radmila HÝBLOVÁ. *Fyzika pro střední školy*. 4., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2006, 266 s. ISBN 80-719-6184-1.
- [4] ĎAĎO, Stanislav a Marcel KREIDL. *Senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996, 315 s. ISBN 80-01-01500-9.
- [5] E-AUTOMATIZACE. *Elektrické tlakoměry* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: [http://www.e-automatizace.cz/ebooks/mmv/tlak/tlak\\_tlakomery\\_elektricke.htm#piezo](http://www.e-automatizace.cz/ebooks/mmv/tlak/tlak_tlakomery_elektricke.htm#piezo)